

# МОДЕЛЬ УРОКУ ВИВЧЕННЯ ЗАКОНІВ ФОТОЕФЕКТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІРТУАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Микола САДОВИЙ

*В даній статті запропонована модель уроку вивчення законів фотоефекту з використанням віртуального експерименту.*

*In this article the offered model of year of study of laws of photoeffect is with the use of virtual experiment.*

**Актуальність проблеми.** В умовах розвитку інформаційного суспільства значно зростає відсоток інформації, яка споживається і переробляється людиною в електронній формі. Розвиток засобів інформатизації та їх використання у всіх галузях людської діяльності потребують інноваційних педагогічних підходів до навчання для забезпечення відповідного розвитку учня. За сучасних умов розвитку суспільства вивчення фізики в школі без використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) неможливе.

**Аналіз ступеня дослідження проблеми.** Використання ІКТ навчання та відповідного програмного забезпечення навчання фізики широко висвітлені в науково-методичних працях: розроблені основні концептуальні засади створення засобів комп'ютерної підтримки [1], відпрацьовані окремі аспекти використання в навчальному процесі з фізики моделювальних програм, електронних підручників, програм для обробки результатів вимірювань та

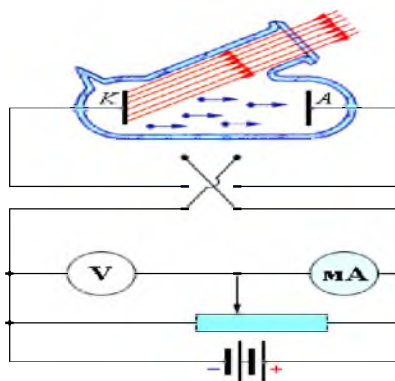
здійснення контролю знань, комп'ютерних ігор та проєктів, розглянуті можливості забезпечення організації діалогу в системі дистанційного навчання [2].

З розвитком інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) навчання актуальною є проблема запровадження віртуального експерименту в навчання фізики [2]. **Метою даної статті** є показати одну ж можливостей такого запровадження на прикладі моделі уроку вивчення законів фотоефекту з використанням віртуального експерименту.

Ми розробили серію уроків і здійснили первинне їх апробування в умовах профільних класів середніх. У процесі підготовки моделей нами використано набутий досвід Є. В. Руденка (м. Олександрія), О. В. Тасенка (с. Крупське Кіровоградської області), учителів Г. В. Лужнова (ЗОШ № 14, м. Челябінськ) А. В. Хейло (ЗОШ № 7, с. Старомар'ївка, Ставропольський край) Л. А. Богданової, С. Т. Сечкової, В. І. Черкашиної, О. А. Чуракової [1]. Приводимо одну з таких моделей.

**Модель уроку** вивчення законів фотоефекту Столетова з використанням віртуального експерименту може бути представлена так

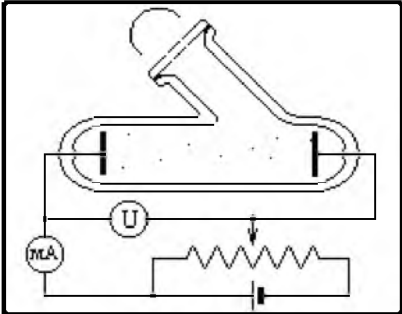
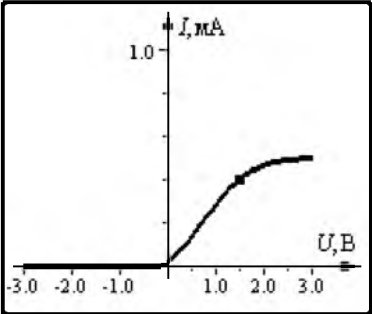
<b>Тема уроку: Дослідна перевірка законів фотоефекту Столетова</b>		
<b>Мета уроку</b>		
Навчальна	Розвивальна	Виховна
<ul style="list-style-type: none"> <li>- сформувати уявлення про фотоефект і дослідно перевірити закони фотоефекту Столетова віртуальним експериментом;</li> <li>- повторити рівняння Ейнштейна для фотоефекту;</li> <li>- ознайомлення з комп'ютерною моделлю установки Столетова з вивчення законів фотоефекту;</li> <li>- підготовка до розв'язування задач на закони фотоефекту;</li> <li>- реалізувати завершальну частину схеми наукового пізнання шляхом виконання практичної роботи.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ознайомлення з методами наукових досліджень явища фотоефекту;</li> <li>- розвиток здібностей учнів до теоретичних узагальнень;</li> <li>- розвиток аналітичного мислення;</li> <li>- виявлення зв'язку законів фотоефекту Столетова з рівнянням фотоефекту Ейнштейна;</li> <li>- забезпечити розвиток навичок практичної роботи.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- формування діалектико-матеріалістичного світогляду у пізнанні явищ природи;</li> <li>- формування комунікативних якостей особистості при розгляді дослідницьких задач;</li> <li>- розвиток інтересу до експериментального вивчення явищ природи;</li> <li>- показати роль знань з фотоефекту для практичної діяльності людей;</li> <li>- виховання світоглядних причинно-наслідкових зв'язків у навколишньому світі, пізнавальності навколишнього світу і людини.</li> </ul>
<b>Обладнання уроку:</b>		
<p>ознайомлення з віртуальним експериментальним методом дослідження фотоефекту, елементами установки та їх призначенням: прилад для дослідження законів фотоефекту, вольтметр, мікроамперметр, потенціометр, джерело струму, подвійний перемикач; персональні комп'ютери, мультимедійний проектор, розроблений нами мультимедійний диск «База електронних наочних посібників».</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- використаний метод теоретичного обґрунтування схеми установки;</li> <li>- інформаційно-комунікаційна технологія навчання у віртуальній формі;</li> <li>- мультимедійний підручник «Відкрита фізика» ч.2. Аналіз схеми установки, кожного елементу установки, визначення логіки дослідження закономірностей фотоефекту. Перевірка закономірності пізнання: від живого споглядання до абстрактного мислення, а від нього до практики.</li> </ul>	<p>виховання допитливості, інтересу, цілеспрямованості у діях, змагальності у досягненні поставленої мети, працелюбства.</p>



Етапи уроку	Діяльність учителя	Діяльність учнів
Актуалізація чуттєвого досвіду і виявлення опорних знань	<p>Нам з вами належить провести дослідження з комп'ютерним моделюванням фізичного явища фотоефекту, на основі запропонованої О.Столетовим установки і самостійно встановити закономірності цього явища. Для цього проведемо підготовчу навчальну роботу і з'ясувати:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Що називається фотоефектом?</li> <li>2. Сформулювати закони фотоефекту.</li> <li>3. Що називається червоною межею фотоефекту?</li> <li>4. Що називається вольт-амперною характеристикою?</li> <li>5. Згадаєте рівняння Планка і Ейнштейна.</li> <li>6. Чому рівна робота виходу?</li> </ol>	<p>Учні відповідають на запитання, готуються до активної навчально-пізнавальної діяльності на основі опорних знань.</p> $E = h\nu, \quad h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2},$ $\frac{mv^2}{2} = eU_{\text{зад}},$ $A_{\text{вых}} = h\nu_{\text{min}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}},$
Мотивація навчальної діяльності	Постановка віртуального проблемного дослідження Герца (1886 р.) із зменшення різниці потенціалів між кульками високовольтного індуктора при освітленні негативно зарядженої кульки, постановка навчальної задачі: чому маємо такий результат?	Розвиток логічного мислення, прояв пошукової діяльності.
Повідомлення теми уроку	Тема уроку: Явище фотоефекту. Закони Столетова, пояснення фотоефекту Ейнштейном	

<p><b>Завдання уроку:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- використати комп'ютерні технології для дослідження явища фотоефекту;</li> <li>- провести перевірку законів фотоефекту з використанням власного мультимедійного диска: «База електронних наочних посібників» з'ясувати:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Як сила фотоструму насичення залежить від інтенсивності світлового випромінювання, що падає на поверхню тіла?</li> <li>2. У якій залежності максимальна кінетична енергія фотоелектронів з частотою світла і як залежить від його інтенсивності?</li> <li>3. Чи для всіх частот світла відбувається фотоефект?</li> </ol> </li> <li>- забезпечити теоретичне обґрунтування фотоефекту та його законів.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- забезпечення готовності до використання інформаційно-комунікаційних технологій навчання</li> </ul>
-------------------------------	---	---

**Етап уроку Вивчення нового навчального матеріалу:**

Діяльність учителя	Діяльність учнів
<p><i>Інструктаж</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ввімкніть персональний комп'ютер і вставте диск «База електронних наочних посібників».</li> <li>2. Відкрийте в розділі "Квантова фізика" вікно моделі "Фотоефект".</li> <li>3. Ознайомтесь із схемою установки та всіма складовими електричного кола.</li> <li>4. Встановіть</li> </ol>	<p>Учні працюють з мультимедійною базою «Квантова фізика» темою «Фотоефект».</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div> <math>U = 1.5 \text{ В}</math> <math>P = 0.5 \text{ мВт}</math> <math>\lambda = 540 \text{ нм}</math> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <math>h\nu = 2.30 \text{ эВ}</math>  <math>I = 0.402 \text{ мА}</math> </div> </div> <p style="text-align: center;">Фотоефект. Фотони. (модель фотоефекта)</p> <p><b>Експеримент 1.</b> Дослідницьке завдання: простежити за явищем, що відбувається на екрані.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>а) Поясніть схему дослідної установки А.Столетова.</li> <li>б) Дайте поняття (формулювання) явища фотоефекту.</li> </ol> <p><b>Експеримент 2.</b> Дослідницьке завдання: Встановити, як залежить сила струму (фотострум) і напруга (затримуюча</p>

значення довжини хвилі світла (550nm), що падає, і потужність світла 0,5мВт.

5. Натисніть кнопку "Старт", поспостерігайте за тим, що відбувається на екрані явище.

6. Зверніть увагу, що на екрані відображена установка, графік залежності  $I$  від ( $U$ ), поточні значення напруги ( $U$ ), потужності ( $P$ ), сили струму ( $I$ ).

7. Перервіть процес кнопкою "Скидання".

8. Для продовження експерименту знову натисніть кнопку "Старт". Візьміть інструкції з виконання практичної роботи і приступайте до виконання експериментів.

Виявляє якість і рівень оволодіння знаннями, отримує інформацію про досягнення такими, що вчаться планованих результатів навчання за графіками і

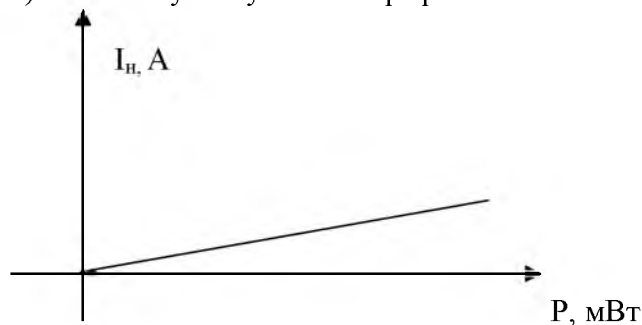
напруга) від величини світлового потоку (потужності світла, що падає).

Учні змінюють потужність випромінювання при постійній довжині хвилі і з допомогою вольт-амперної характеристики (ВАХ) визначають значення струму. Результати заносять в таблицю, будують графік

$P, \text{мВт}$	0	0,2	0,8	1
$I_n, \text{А}$	0	0,06	0,24	0.3

**Учні роблять висновок: про те, що струм насичення прямо пропорційний потужності випромінювання:  $I_n \sim P$**

а) Замальовують у зошиті графіки залежності струму ( $I$ ) і



напруги ( $U$ ) для різної потужності ( $P$ ), тобто світлового потоку, що падає.

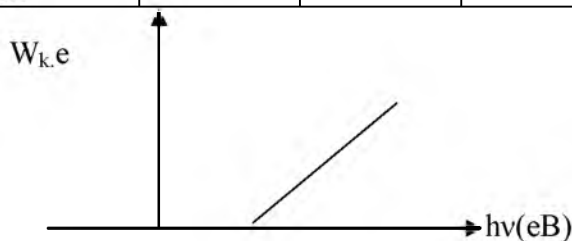
б) Порівнюють значення величини сили струму ( $I$ ) і напруги ( $U$ ) залежно від потужності світла, що падає.

**Експеримент 3.** Дослідницьке завдання: Встановити, як залежить сила струму і напруга від довжини хвилі світла, що падає.

Учні досліджують ВАХ, визначають напругу, за якою пропадає струм у колі, при незмінній потужності. Визначають залежність напруги від довжини хвилі, перетворюють її в залежність  $W_k = W_k(h\nu)$ . Будують графік.

Роблять висновок про те, що кінетична енергія електронів пропорційна частоті випромінювання  $W_k \sim \nu$

$W \text{ eV}$	0	0,1	0,2	0,5
$h\nu, \text{eV}$	2,0	2,1	2,2	2,5



а) Замальовують у зошиті графіки залежності сили струму ( $I$ ) і напруги ( $U$ ) для різної довжини хвилі ( $\lambda$ ) світла, що падає.

б) Порівнюють значення величин сили струму ( $I$ ) і напруги ( $U$ ) залежно від довжини хвилі ( $\lambda$ ) світла, що падає.

в) Роблять висновок і записують його в зошит.

**Експеримент 4.** Дослідницьке завдання: Встановите негативне значення напруга.

таблицями	<p>Спостерігають на моделі потік електронів і його залежність від довжини хвилі. Визначають максимальну довжину хвилі, з якою починається фотоефект ( на картинці з'являються електрони), розраховують роботу виходу. Роблять висновки про існування червоної межі фотоефекту для речовини:</p> $\nu_{\text{vin}} = \frac{A_{\text{вых}}}{h}; \lambda_{\text{меч}} = \frac{hc}{A_{\text{вых}}}$ <p>а) Спостерігають, що відбувається, якщо збільшити різницю потенціалів між електродами (не міняючи інтенсивність і довжину хвилі світла, що падає).</p> <p>б) Пояснюють, чому це відбувається.</p> <p>в) Роблять висновок, від чого залежить кінетична енергія вирваних світлом електронів, і записують його в зошит.</p> <p><b>Експеримент 5.</b> Дослідницьке завдання: Освітить фотоеlement червоним світлом, виміряйте напругу, при якій відбувається замикання струму в колі</p> <p>а) За відомим значенням довжини хвилі (<math>\lambda</math>) світла, що падає, обчислюють його енергію.</p> <p>б) За відомим значенням замикаючої напруги (<math>U_3</math>) обчислюють кінетичну енергію вирваних світлом електронів.</p> <p>в) Виражають отримані результати в електрон-вольтах.</p> <p>г) Будують графік залежності напруги (<math>U_3</math>) від довжини хвилі (<math>\lambda</math>).</p> <p><b>Експеримент 6.</b> Творче завдання: У рамках цієї теми придумайте, сформулюйте і розв'яжіть завдання. Проведіть комп'ютерний експеримент і перевірте свою відповідь. Зробіть висновок на основі виконаної роботи.</p>
-----------	--

### Етап уроку Систематизація знань:

Діяльність учителя	Діяльність учнів
<p>Таким чином, виконавши 6 віртуальних експериментів звернемось до завдань уроку.</p> <p>В одному з віршів О.С.Пушкіна читаємо: "геній, парадоксів друг".</p> <p>Чи знаєте ви, що таке парадокс? Парадокс – це несподіване явище, що не відповідає звичайним представленням.</p> <p>У чому полягає парадокс фотоефекту?</p> <p>В чому полягає сутність законів фотоефекту?</p> <p>Хто і як теоретично пояснив явище фотоефекту та закони</p>	<p>Парадокс фотоефекту полягає в тому, що при збільшенні потужності потоку світла заданої довжини хвилі, що падає, швидкість фотоелектронів не збільшується, а світло, що має довжину хвилі менше порогового значення, взагалі не може вибити з металу електрон незалежно від потужності світлового потоку.</p> <p>1. Сила струму насичення прямо пропорційна інтенсивності світлового випромінювання, що падає на поверхню тіла.</p> <p>2. Максимальна кінетична енергія фотоелектронів лінійно зростає з частотою світла і залежить від його інтенсивності.</p> <p>3. Якщо частота світла менша деякої визначеної для цієї речовини мінімальної частоти, то фотоефекту не відбувається.</p>

фотоефекту?	Явище фотоефекту теоретично пояснив А.Ейнштейн і встановив рівняння фотоефекту $h\nu = A + mv^2/2$ . Узагальнення законів Столетова приводить до рівняння Ейнштейна.
-------------	--

**Етап уроку Узагальнення навчального матеріалу:**

Діяльність учителя	Діяльність учнів
<p>Ввімкніть комп'ютер, вставте диск «База електронних наочних посібників» і віднайдіть у розділі «Квантова фізика» тести. Ознайомтесь із запитаннями тестів і виберіть правильну на Вашу думку відповіді.</p> <p>Зокрема, що називається явищем фотоефекту.</p>	<p>1) збільшення опору провідника із зростанням температури;</p> <p>2) рух легкої вертушки при освітленні однієї з її пелюсток;</p> <p>3) поява різниці потенціалів між освітленої і темної сторонами металевої пластини;</p> <p>4) електризація металів під дією світла.</p>
<p>Розв'язати задачу. Червона межа фотоефекту для речовини фотокатода відповідає частоті світла <math>\nu_c = 6,6 \cdot 10^{14}</math> Гц. При опроміненні катода світлом з частотою <math>\nu</math> фотострум припиняється при напрузі між анодом і катодом <math>U = 1,4</math> В. Визначите частоту?</p> <p>Зверніться до тесту до задачі у комп'ютері Додаткове питання: Від чого залежить максимальна кінетична енергія фотоелектронів, що вибиваються з металу?</p> <p>А. від частоти світла, що падає.</p> <p>Б. від інтенсивності світла, що падає.</p> <p>В. від роботи виходу електронів з металу</p> <p>Наступна задача. При збільшенні в 2 рази частоти світла, що падає на поверхню металу, затримуюча напруга для фотоелектронів збільшилася в 3 рази. Первинна частота світла, що падає, була рівна <math>0,75 \cdot 10^{15}</math> Гц. Яка довжина хвилі, відповідає «червоній межі» фотоефекту у металі?</p> <p>Додаткове питання: Чому рівний імпульс фотона, якщо відповідна довжина хвилі монохроматичного світла рівна 660 нм?</p> <p>Наступне завдання. Фотокатод освітлює світлом з частотою <math>1,0 \cdot 10^{15}</math> Гц. Електрони, що вилетіли з катода,</p>	<p>Здійснюється розв'язок задачі.</p> <p>Відповідь: А і В.</p> <p>Якщо учень не може розв'язати задачі, він звертається до комп'ютера за допомогою.</p> <p>Учень може звернутись до комп'ютера за допомогою</p>

потрапляють в однорідне магнітне поле з індукцією  $2 \cdot 10^4 \text{ Тл}$  перпендикулярно лініям індукції цього поля і рухаються по колах. Максимальний радіус такого кола дорівнює 2 см. Чому дорівнює робота виходу  $A$  електронів з речовини фотокатода?

Додаткове питання: Як зміниться мінімальна частота, при якій виникає фотоефект, якщо пластинці повідомити негативний заряд?

1) не зміниться 2) збільшиться 3) зменшиться 4) збільшиться або зменшиться залежно від роду речовини.

### Етап уроку Підведення підсумків уроку. Дом. завд.:

Діяльність учителя	Діяльність учнів
Дає аналіз і оцінку успішності, досягнення мети і намічає перспективу наступної роботи (рішення завдань). Коментує домашнє завдання: оформити звіт з експерименту. Оформити опорний конспект.	

**Висновок.** Отже, впровадження віртуального експерименту у навчально-виховний процес в умовах пошуку шляхів інтенсифікації пізнавальної діяльності, створення стимулюючого середовища для її суб'єктів сприяє засвоєнню на належному рівні дедалі зростаючої кількості інформації з фізики. Нові інформаційно-комунікаційні технології дозволяють подавати навчальний матеріал у різних формах і навчати учнів в інтерактивному режимі роботи в системі “учень – програмне середовище – вчитель”, що позитивно впливає на їх якість знань і стимулює до освітньої діяльності, забезпечує саморозвиток, самовираження і самоосвіту.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Гамбург К.С. Виртуальные стендовые лабораторные работы как инновационная форма высшего профессионального образования [Текст] / К.С.Гамбург // Инновационные процессы в высшей школе: [материалы XII Всероссийской науч.-практ. конф.] – Краснодар: КубГТУ, 2006. – С. 131-132.
2. Іваницький О.І. Сучасні технології навчання фізики в середній школі: [моногр.] / О.І.Іваницький – Запоріжжя: Прем'єр, 2001. – 266 с.

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Садовий Микола Іллєч** – доктор педагогічних наук, професор кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету ім. В.Винниченка.

*Наукові інтереси:* проблеми дидактики фізики.